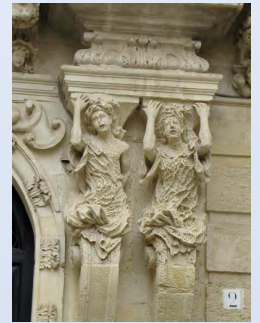
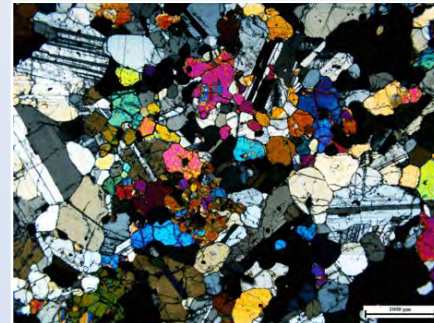


# Mineralogia e Petrografia con Laboratorio

## Modulo di Petrografia

Luca Ziberna

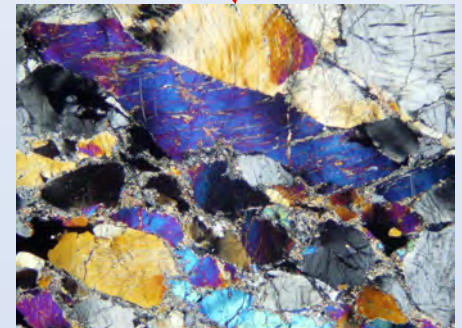
### 1.3. Le rocce e la petrografia



# La petrografia

La Petrografia è quella disciplina che studia le rocce e insegna a descriverle, riconoscerle, classificarle ed interpretarle.

Le rocce sono la testimonianza dei processi geologici che le hanno prodotte, processi per lo più non direttamente osservabili, avvenuti nel passato e tuttora in atto, che hanno governato la dinamica del nostro pianeta e continuano a modificarlo.



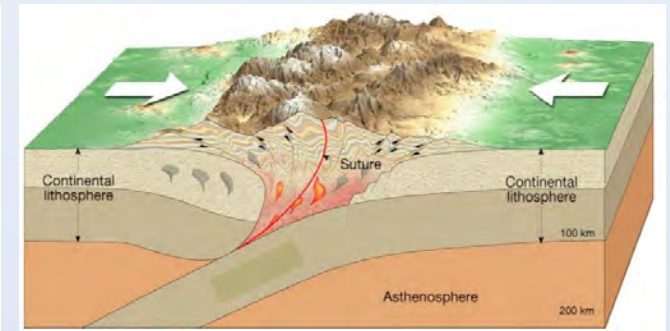
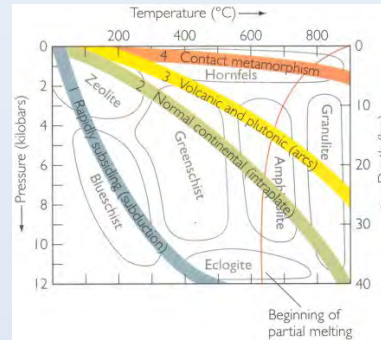
# La petrografia – scopi scientifici

Per ricostruire i processi che portano alla formazione e trasformazione delle rocce. Temi di ricerca sono ad esempio:

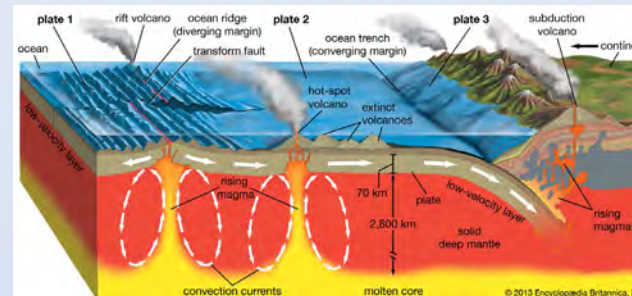
- Eruzioni vulcaniche



- Formazione della crosta terrestre



- Relazioni tra magmatismo ed eventi geodinamici



# La petrografia – scopi applicativi



- Buona parte dei materiali che utilizziamo e che ci circondano derivano dalle rocce....



[www.discover-trieste.it](http://www.discover-trieste.it)

# La petrografia – scopi applicativi



E

## Minerals in ELECTRIC VEHICLES VS GAS CARS

Electric vehicles require a wider range of minerals for their motors and batteries compared to gas cars.

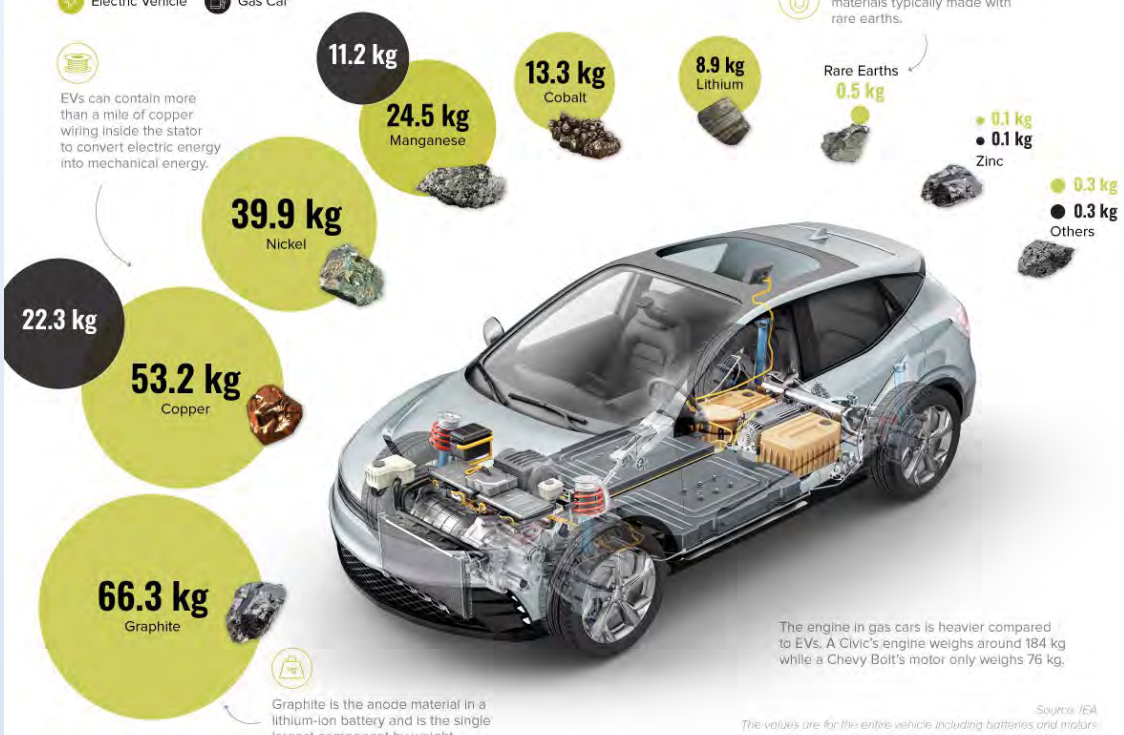
**In fact, an EV can have 6 times more minerals than a gas car and be on average 340 kg heavier.**


Mineral content kg/vehicle *Steel and aluminum not included.*

 Electric Vehicle  Gas Car



EVs can contain more than a mile of copper wiring inside the stator to convert electric energy into mechanical energy.



 Many EV motors use magnetic materials typically made with rare earths.

22.3 kg

53.2 kg  
Copper

66.3 kg  
Graphite

39.9 kg  
Nickel

11.2 kg

24.5 kg  
Manganese

13.3 kg  
Cobalt

8.9 kg  
Lithium

0.5 kg  
Rare Earths

0.1 kg  
0.1 kg  
Zinc

0.3 kg  
0.3 kg  
Others



Graphite is the anode material in a lithium-ion battery and is the single largest component by weight.

The engine in gas cars is heavier compared to EVs. A Civic's engine weighs around 184 kg while a Chevy Bolt's motor only weighs 76 kg.

*Source: IEA  
The values are for the entire vehicle including batteries and motors. The intensities for an electric car are based on a 75 kWh NMC (nickel manganese cobalt) 622 cathode and graphite-based anode.*

ELEMENTS 

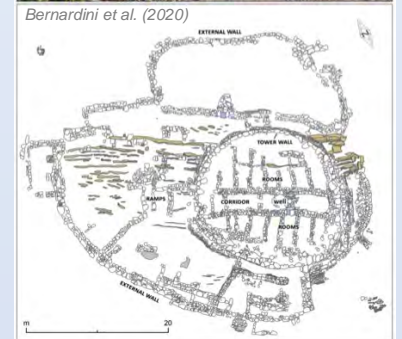
ELEMENTS.VISUALCAPITALIST.COM

# La petrografia – scopi storico-culturali

- Per individuare il degrado delle rocce e gli interventi di tutela e conservazione nell'ambito dei Beni Culturali



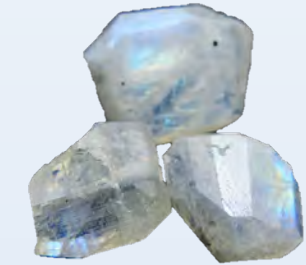
- Per individuare le aree di provenienza della “materia prima” dei manufatti preistorici e quindi ricostruire gli scambi in età preistorica - Archeometria -



# Le rocce

**Roccia:** Aggregato naturale di uno o più **minerali** (rocce monomineraliche o polimineraliche) o **mineralodi**.

- **Minerali**



Feldspato



Olivina



Granato



Quarzo



Diamante

Calcite



- **Mineraloidi**

Sostanza inorganica



Sostanza organica



Sostanza organica



# Le rocce – Criteri di classificazione

## Genetico

- Ambiente di formazione (sulla superficie terrestre o all'interno della crosta)
- Processi geologici che portano alla loro formazione e trasformazione



**Rocce magmatiche**

**Rocce sedimentarie**

**Rocce metamorfiche**

## Mineralogico - compositzionale

- **Composizione mineralogica:** minerali fondamentali ( $\geq 95\%$  vol%) e minerali accessori ( $\leq 5\%$ )
- **Composizione chimica:** elementi chimici maggiori e minori espressi come % in peso degli ossidi + elementi in tracce espressi in ppm



Silicati, ossidi, carbonati, solfati, etc

**Maggiori** (in genere  $>1$  wt%)  
SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeO, MgO, CaO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O...

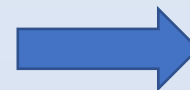
**Minori** (in genere 0,1-1 wt%)  
TiO<sub>2</sub>, MnO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>...

**Tracce** (in genere  $<0,1$  wt%)  
Cr, Ni, Rb, Ba, Sr, Y, Zr, Nb, REE...



## Proprietà fisiche e meccaniche

- Durezza e lavorabilità



Classificazione merceologica

(marmi, graniti, pietre...)

# Criterio genetico

I 3 gruppi di rocce si formano in diverse condizioni ambientali (temperatura T, pressione P) dall'interno terrestre alla superficie, da differenti processi geologici.

La loro **struttura** e la loro **mineralogia** sono controllate dalla loro origine geologica, cioè da come e dove si sono formate.

# Criterio genetico

## Esempi: Rocce magmatiche o ignee

### Roccia

### Origine

Granito (roccia intrusiva)



Lenta solidificazione del magma nella crosta → formazione di rocce intrusive o plutoniche

Riolite (roccia effusiva)

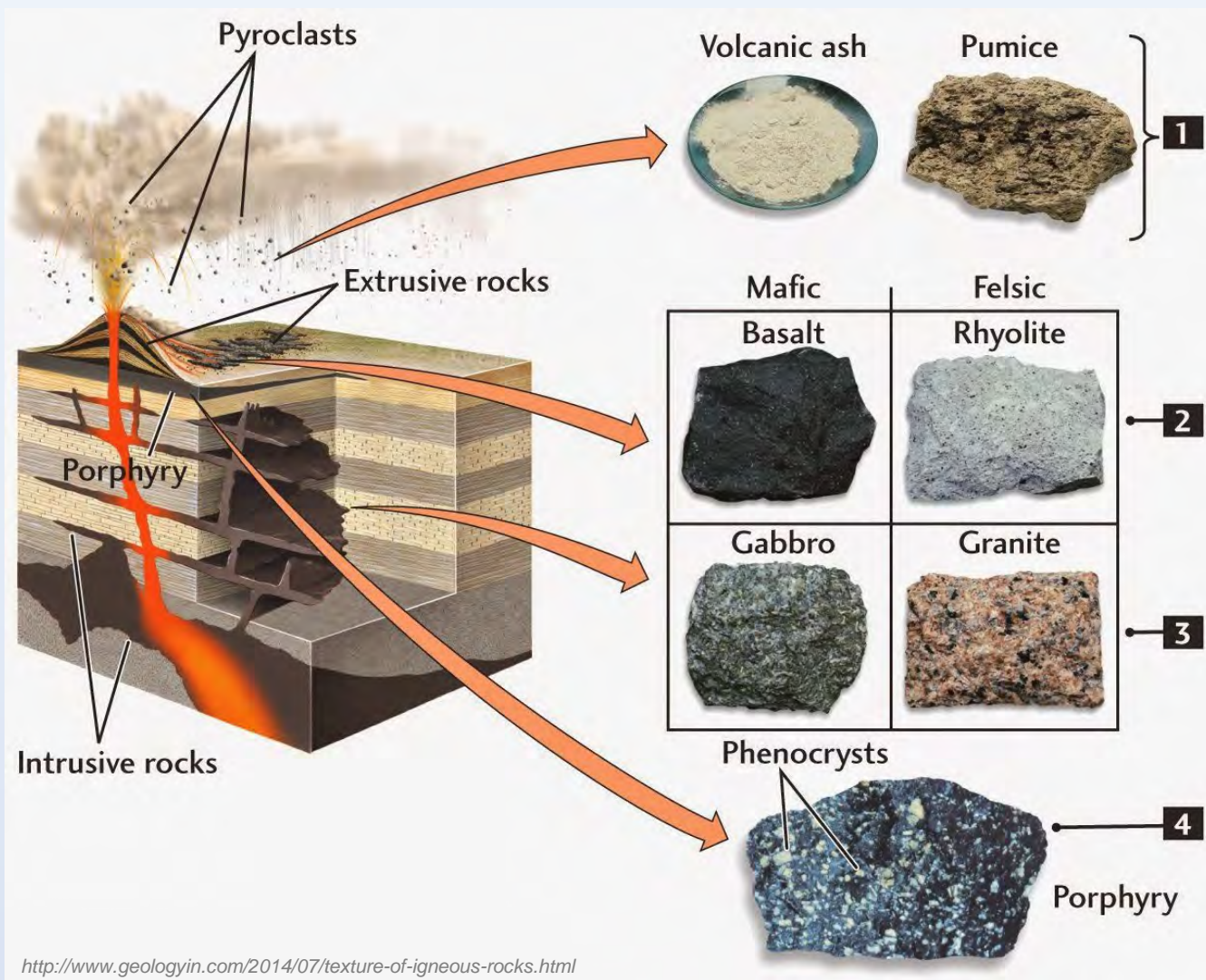


Rapida solidificazione del magma in superficie (lava) → formazione di rocce vulcaniche o effusive

In entrambi i casi, si tratta di solidificazione di un magma originariamente prodotto per fusione di rocce cristalli o di mantello

# Criterio genetico

## Esempi: Rocce magmatiche o ignee



# Criterio genetico

## Esempi: Rocce sedimentarie

### Roccia

### Origine

#### Arenaria



Degradazione fisica (disgregazione) e chimica (dissoluzione di minerali) di rocce esposte sulla superficie terrestre e conseguente deposizione dei prodotti della degradazione.

#### Calcare

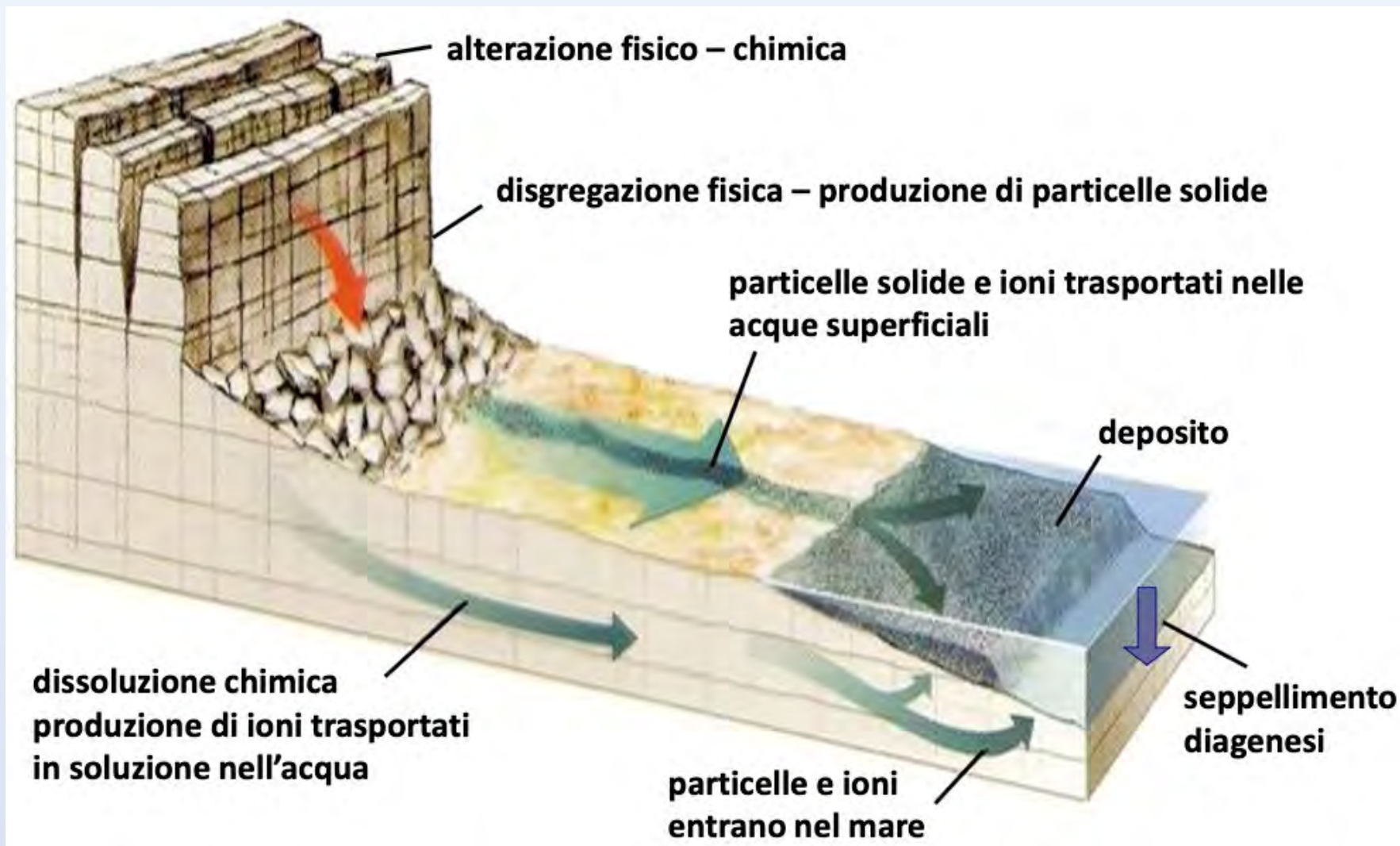


Deposizione di materiale organico (es.: plancton) sui fondali marini e oceanici

In entrambi i casi, il processo di litificazione avviene per seppellimento e diagenesi

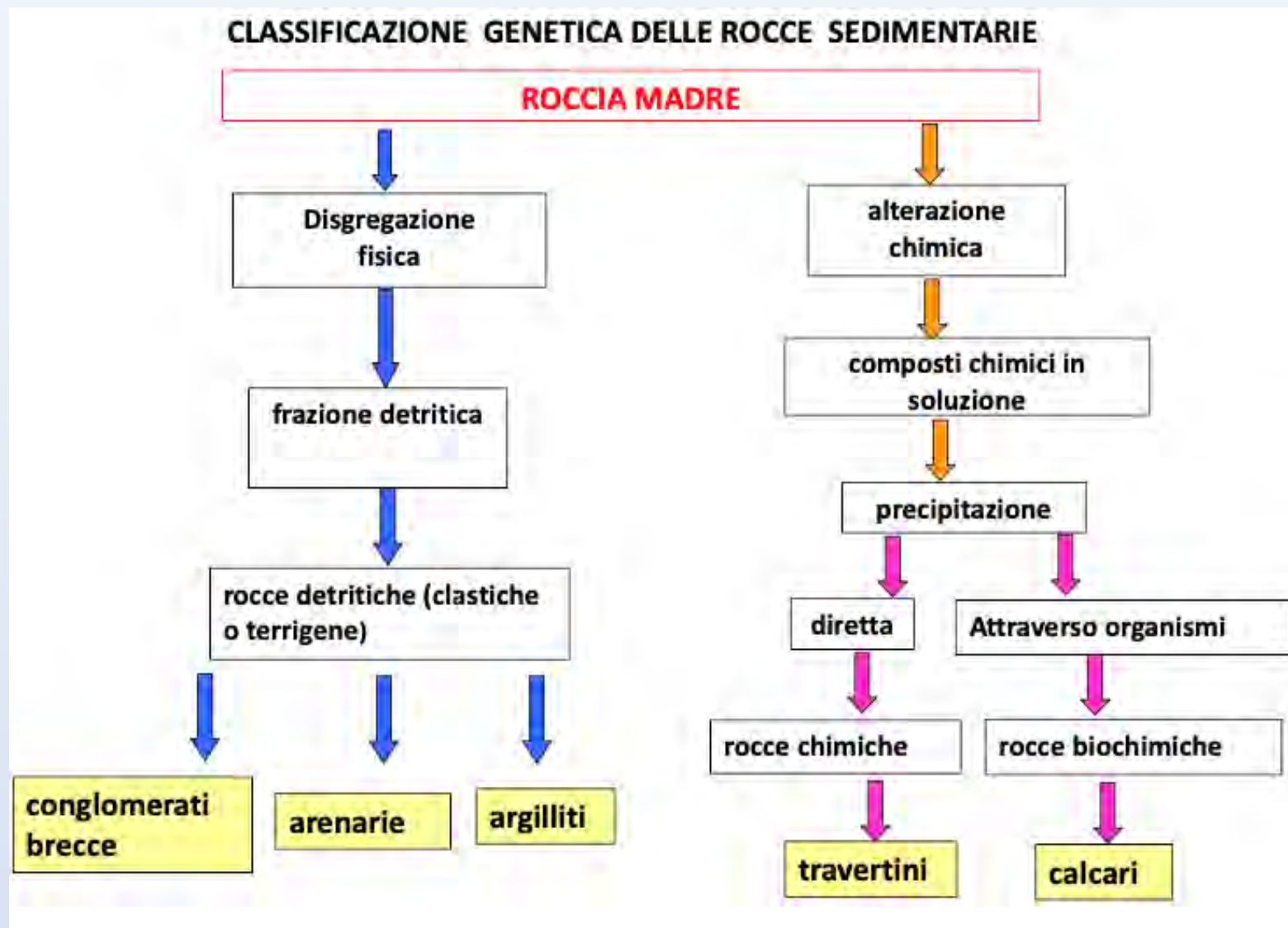
# Criterio genetico

## Rocce sedimentarie



# Criterio genetico

## Rocce sedimentarie



# Criterio genetico

## Rocce sedimentarie

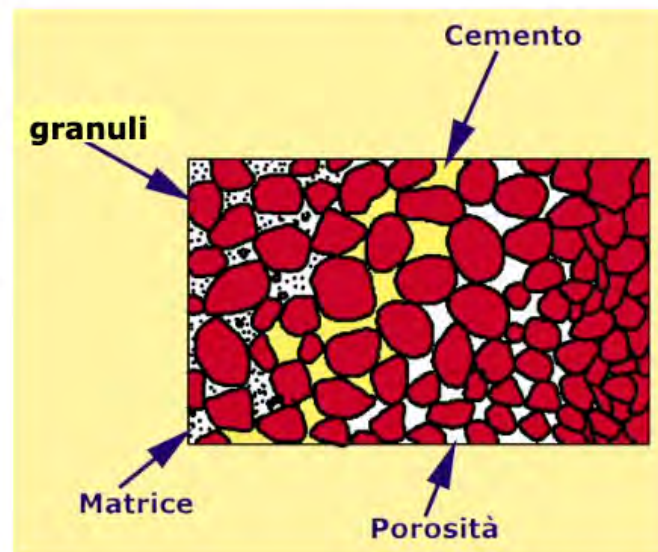
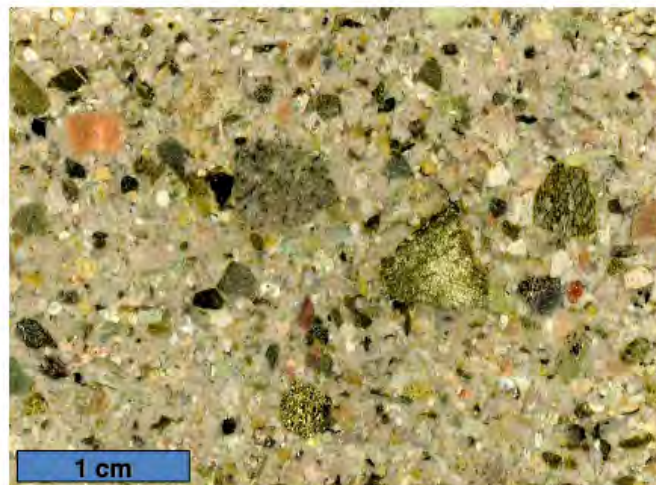
r. detritiche (clastiche o terrigene)

Classificazione basata sulla dimensione dei granuli (= frazione detritica)

	$\Phi$ mm
Brecce (granuli angolosi)	256 – 2
Conglomerati (granuli arrotondati)	
Arenarie	2 – 0.062
Argilliti	< 0.062

Matrice	< 0.062
---------	---------

Cemento (precipitato chimico)	siliceo
	carbonatico
	argilloso



# Criterio genetico

## Rocce sedimentarie



### rocce clastiche (terrigne)



# Criterio genetico

## Rocce sedimentarie

### Rocce biochimiche



Calcare fossilifero



Calcare micritico



dolomia

### Rocce chimiche



travertino



alabastro

calcite  
 $\text{CaCO}_3$

dolomite  
 $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$

# Criterio genetico

## Esempi: Rocce metamorfiche

### Roccia

### Origine

#### Gneiss



Da graniti sottoposti a deformazioni e condizioni di T e P diverse da cui si sono formate

#### Marmo



Da calcari sottoposti a deformazioni e condizioni di T e P diverse da cui si sono formate

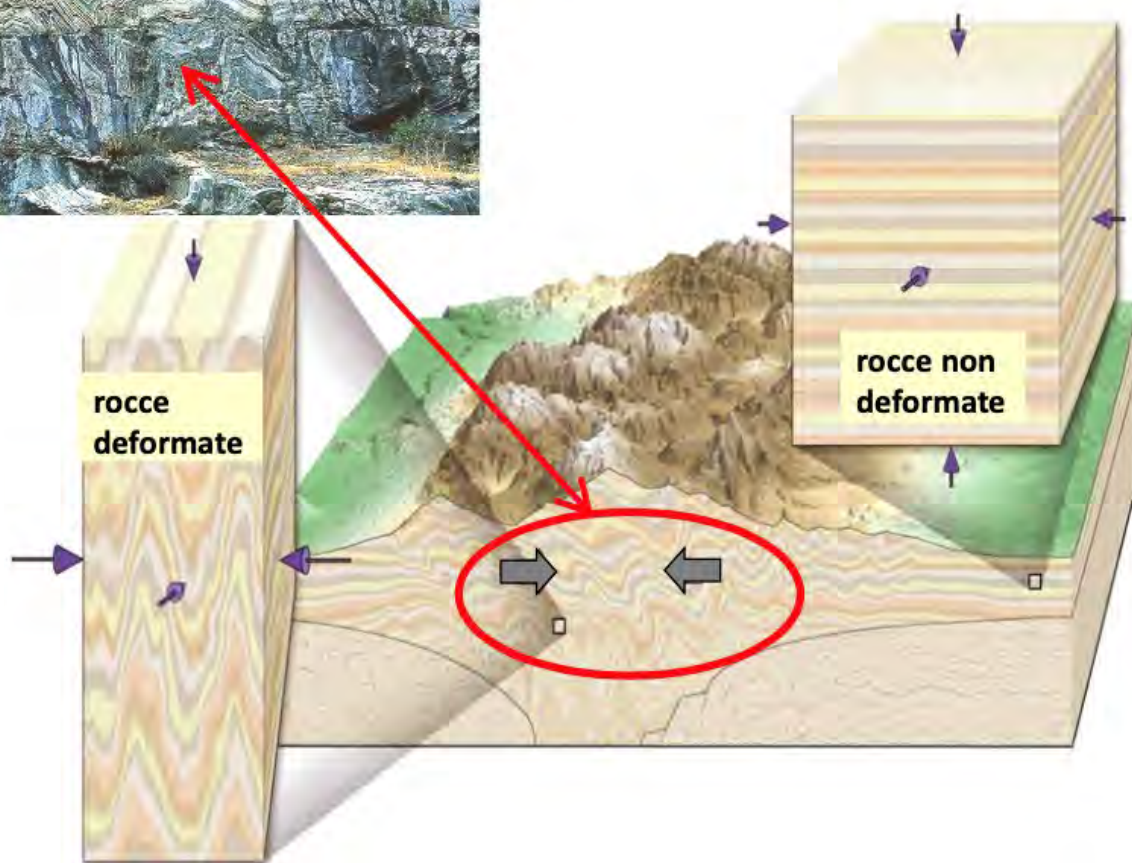
In entrambi i casi, si tratta di trasformazione (ricristallizzazione) delle rocce **allo stato solido** e contemporanea deformazione in crosta  $\pm$  profonda: nuovi minerali e/o nuove strutture

# Criterio genetico

## Rocce metamorfiche

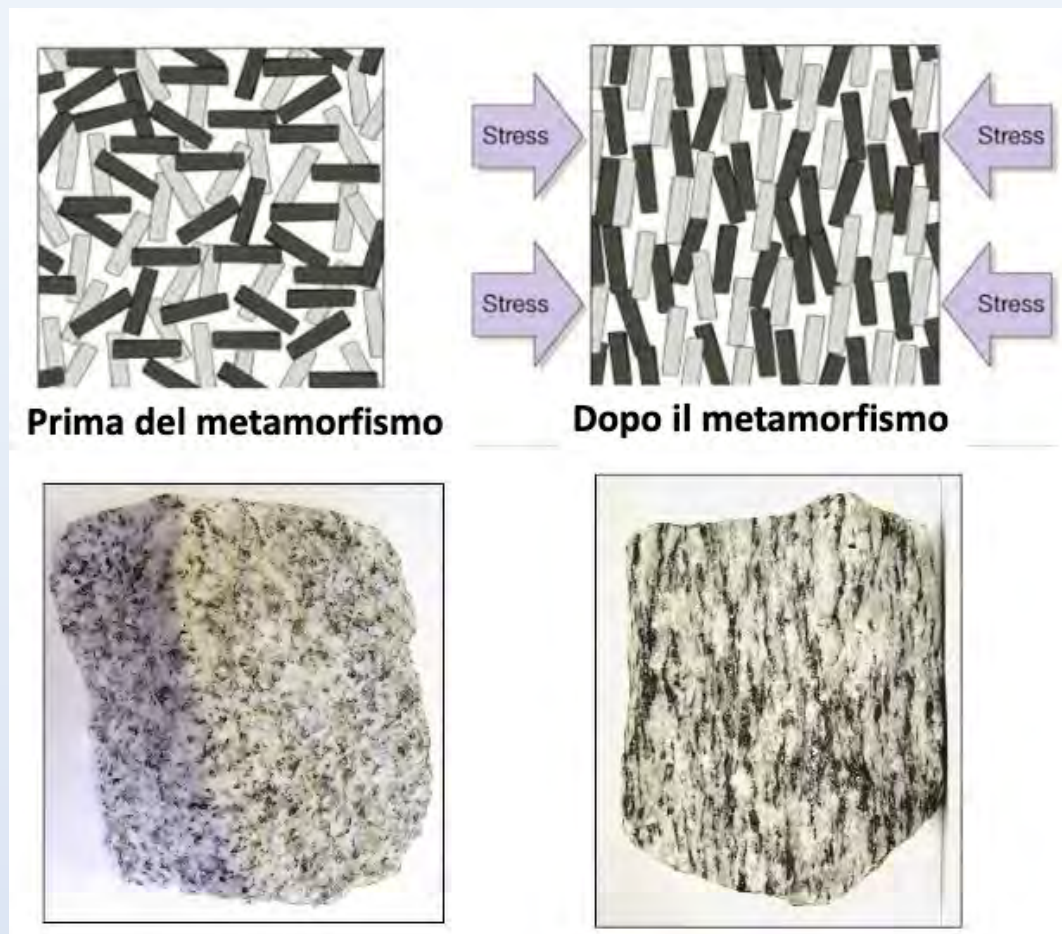


Trasformazione delle rocce allo stato solido e contemporanea deformazione in crosta o mantello



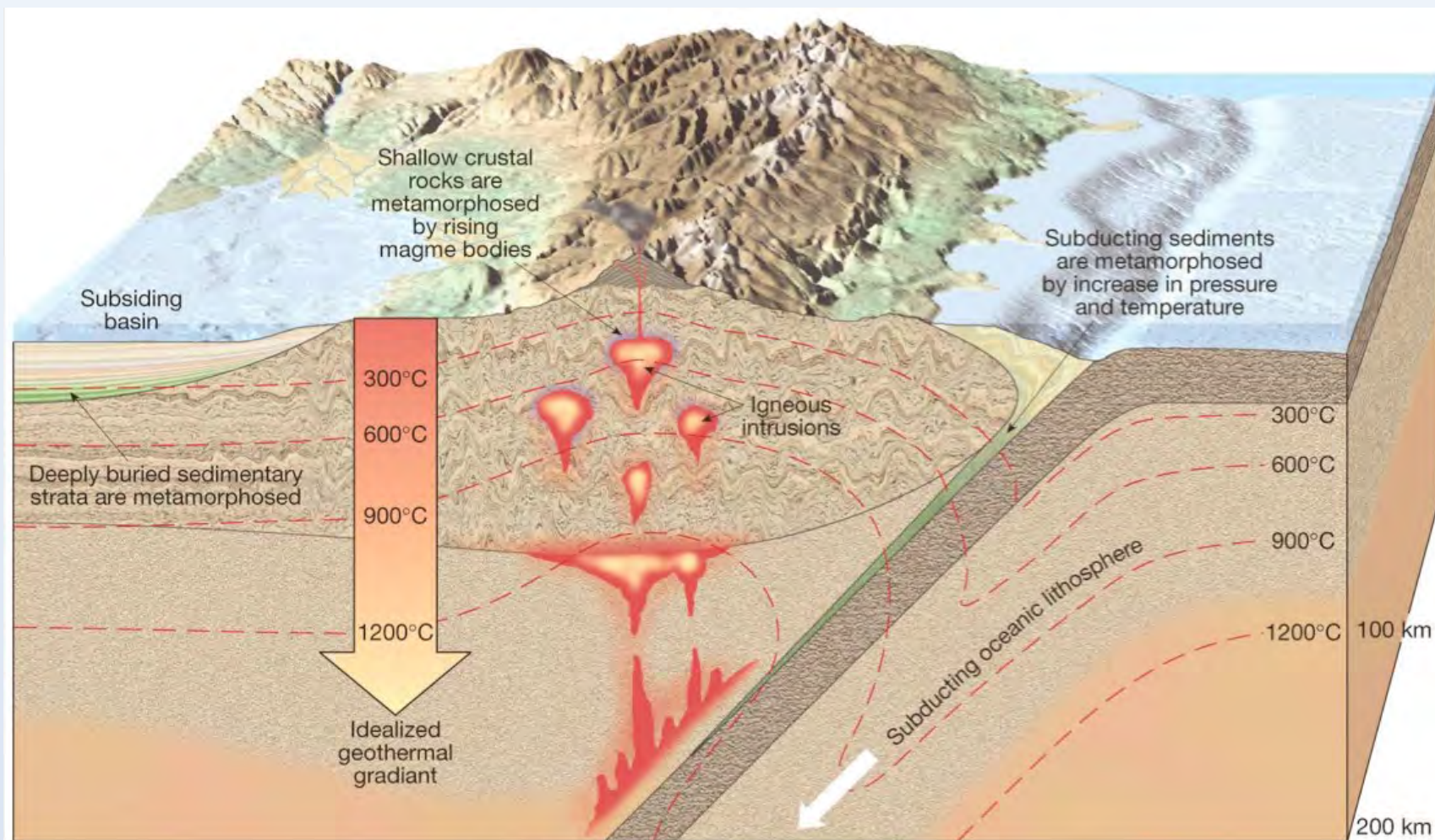
# Criterio genetico

## Rocce metamorfiche



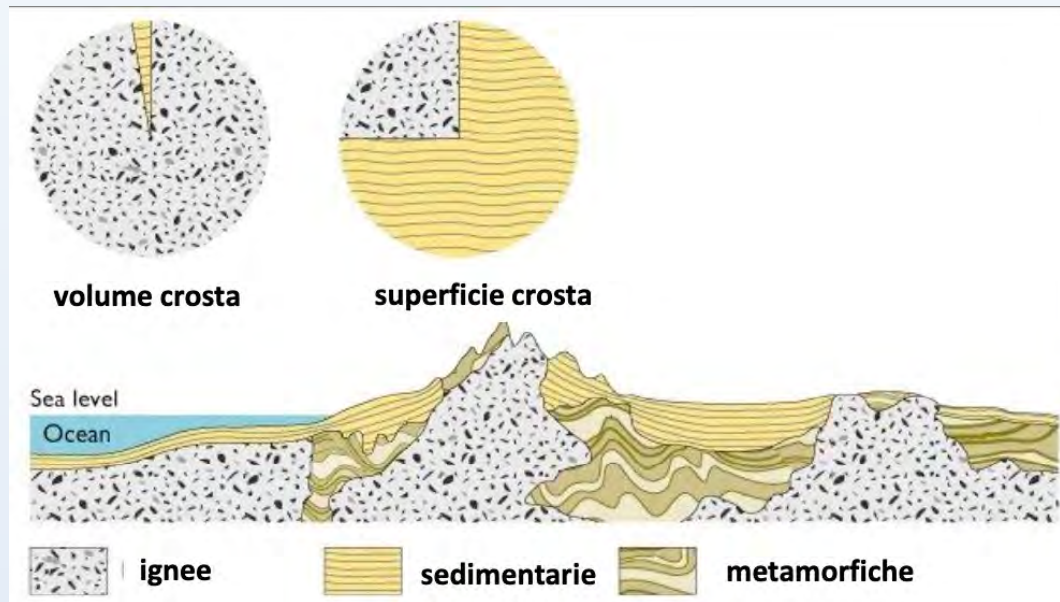
# Criteria genetico

## Rocce metamorfiche



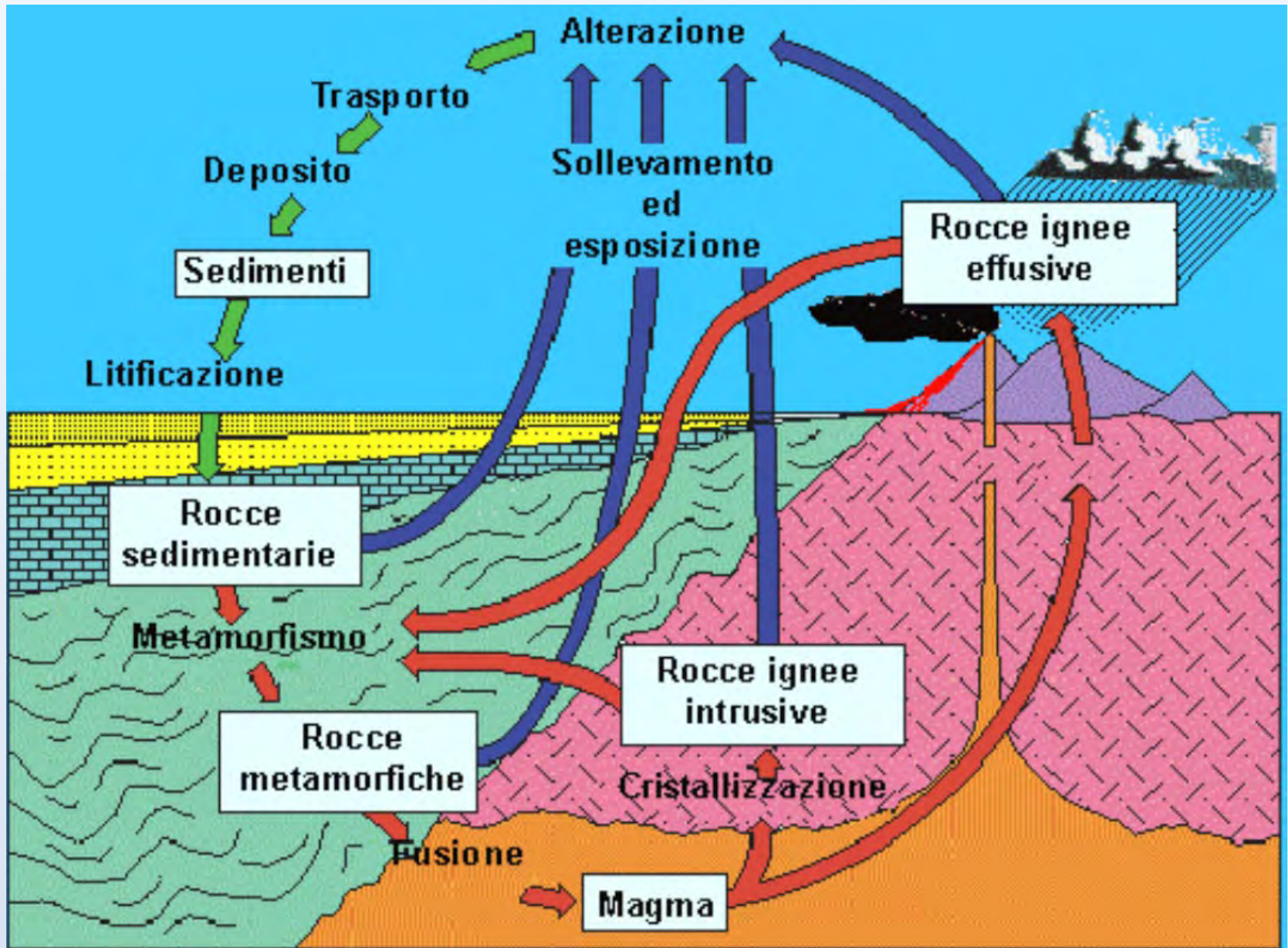
Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

# Distribuzione delle rocce nella crosta terrestre

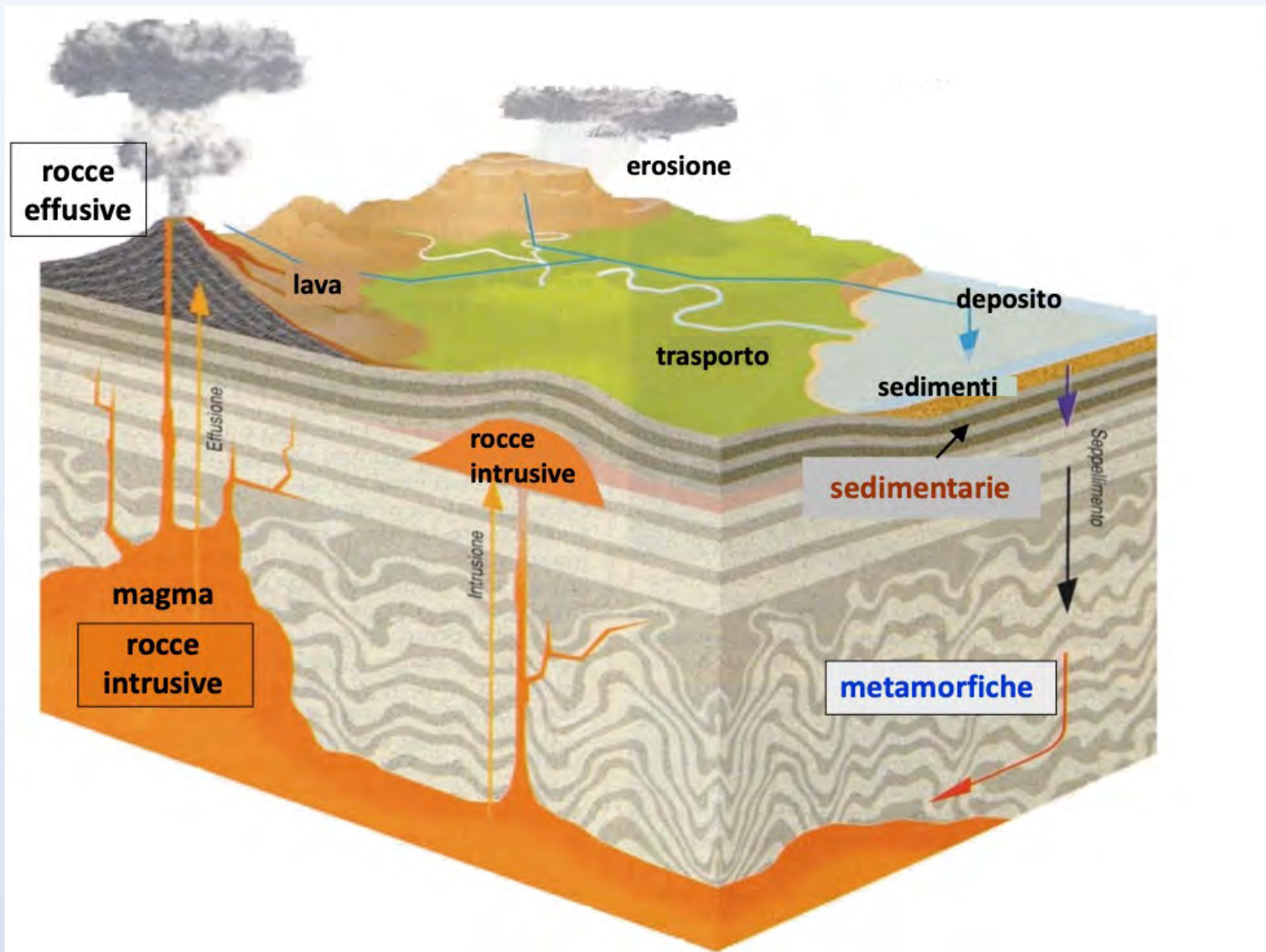


Le rocce magmatiche e metamorfiche sono le più abbondanti nella crosta : ~92% in volume  
Le rocce sedimentarie sono le più diffuse sulla superficie crostale : ~75% (area)

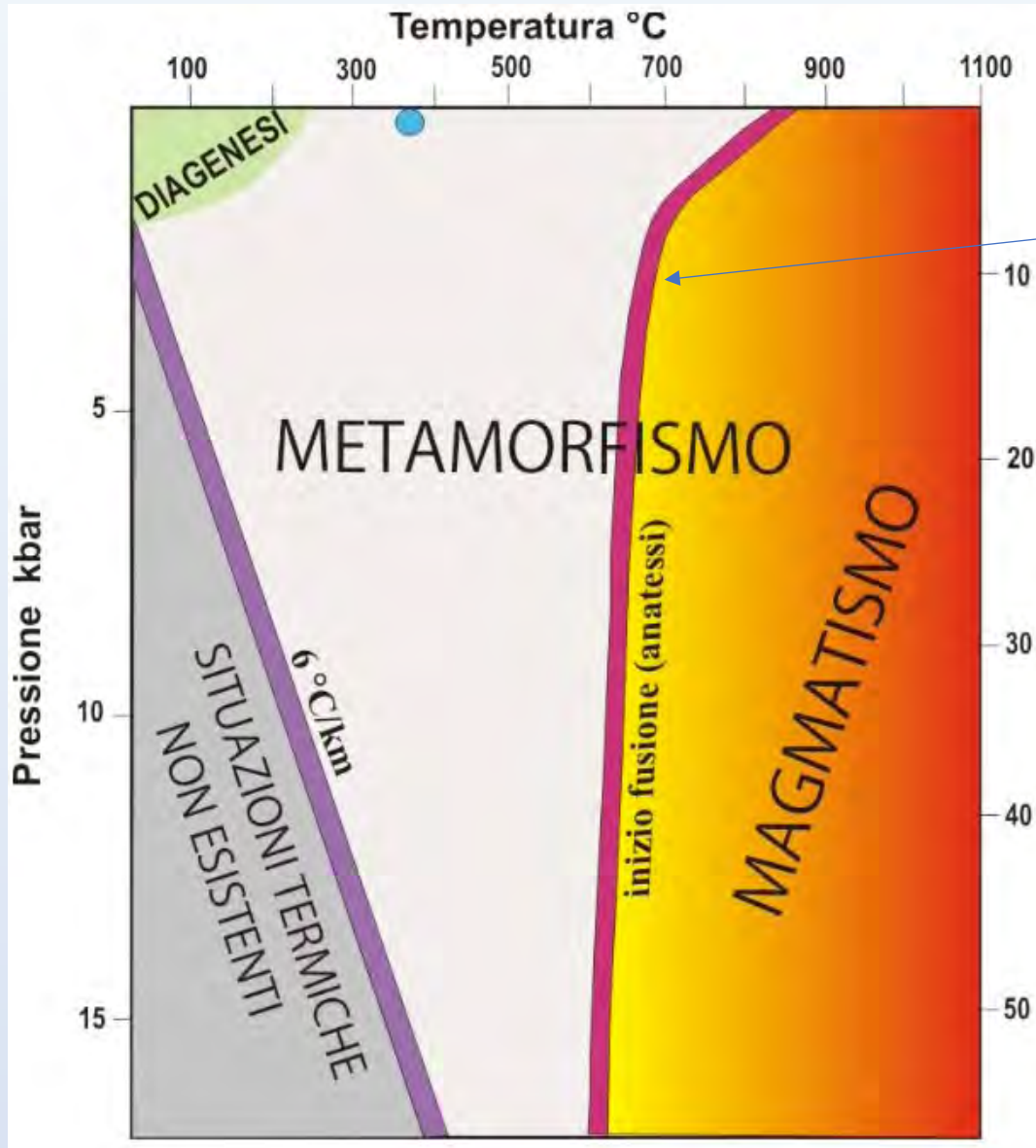
# Il ciclo delle rocce



# Il ciclo delle rocce



# Campi di P e T delle rocce



● Punto critico di H<sub>2</sub>O  
T = 374°C  
P = 221 bar

Curva di inizio fusione delle rocce metamorfiche. Posizione variabile in funzione della composizione rocce e presenza di H<sub>2</sub>O (gas)

Curva riportata: T minime di inizio fusione corrispondenti a una roccia idrata (con H<sub>2</sub>O) alta in SiO<sub>2</sub> (≈65%) e povera in FeO e MgO (= composizione granitoide). Per rocce anidre, povere in SiO<sub>2</sub> e ricche in FeO e MgO la curva si sposta a destra (verso T più alte)

# Studio delle rocce – osservazione alla scala mesoscopica

Ossia studio dell'affioramento roccioso

Fondamentale per

- rilevare omogeneità o eterogeneità litologiche dell'affioramento
- osservare le relazioni spaziali tra le diverse litologie e le strutture
- prelevare campioni rappresentativi dell'affioramento, per studiarli successivamente in laboratorio



# Studio delle rocce – osservazione alla scala macroscopica

Ossia studio alla scala da decimetrica fino a centimetrica

Caratteri strutturali:

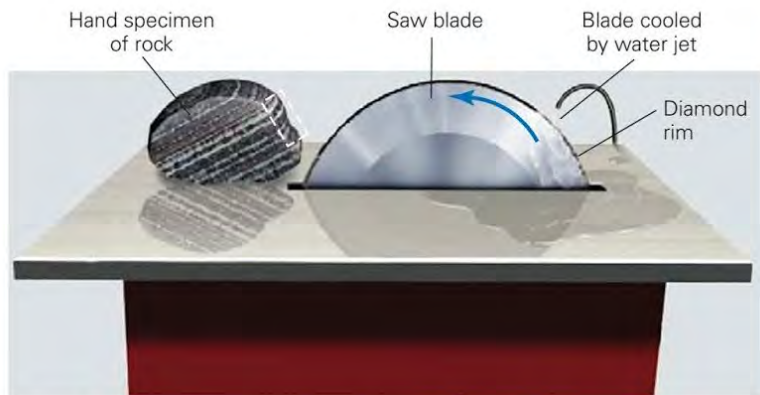
- aspetto compatto o vacuolare, poroso, vescicolato
- aspetto massivo o orientato,
- colore,
- grado di cristallinità,
- grana dei minerali e omogeneità di grana,
- distribuzione omogenea o meno dei minerali,
- tipo e forma dei minerali.



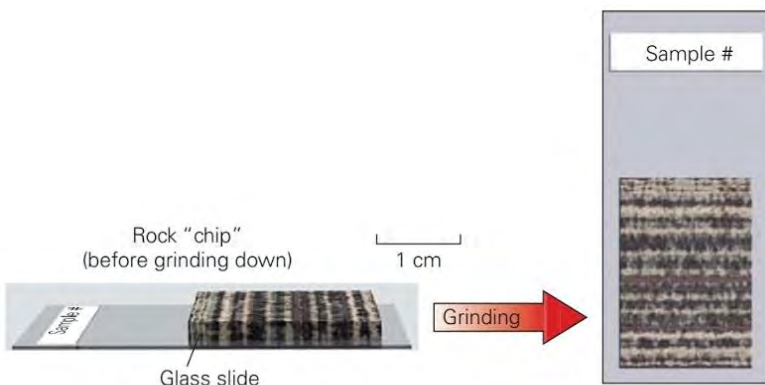
# Studio delle rocce – osservazione alla scala microscopica

Ossia studio alla scala da centimetrica fino a micrometrica

L'osservazione macroscopica non è sufficiente per classificare correttamente una roccia ... quindi è sempre necessario uno studio petrografico della roccia **sezione sottile** al microscopio a luce polarizzata, per determinare proporzioni e tipo di minerali presenti, in aggiunta alla tessitura.



(a) Using a special saw, a geologist cuts a thin chip of a rock specimen.



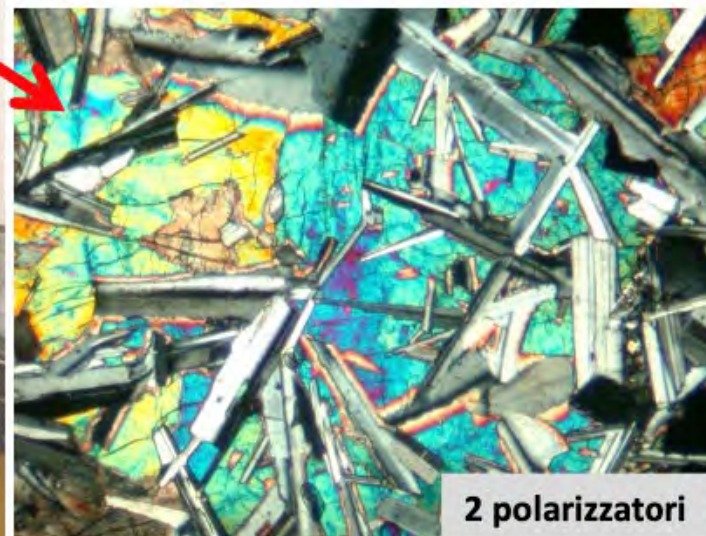
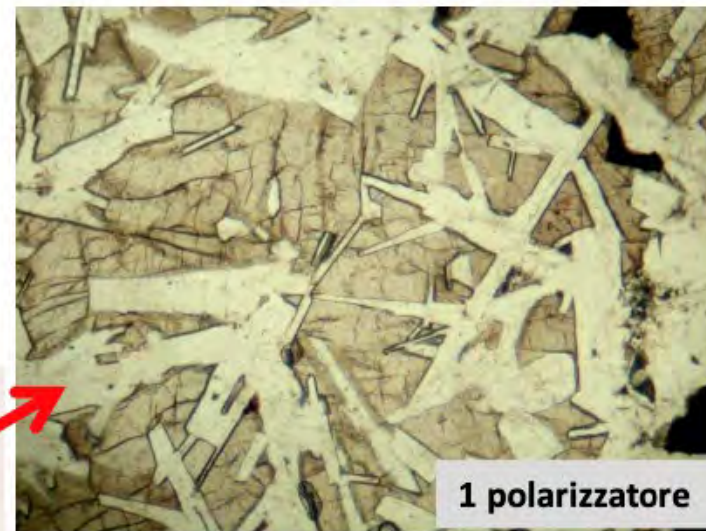
(b) The geologist glues the chip to a glass slide and grinds it down until it is so thin that light can pass through it.



(d) If the light is polarized, different minerals display different colors when viewed through the microscope.

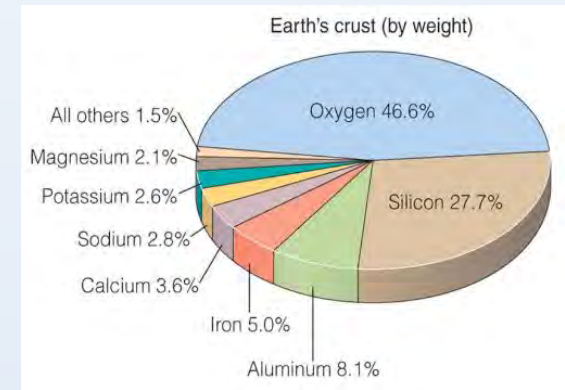
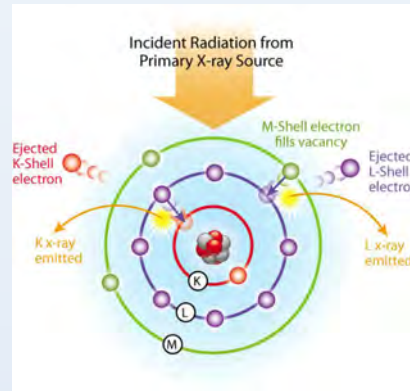
(c) With a petrographic microscope, it's possible to view thin sections with light that shines through the sample from below.

# Studio delle rocce – osservazione alla scala microscopica



# Studio delle rocce – composizione chimica

Spesso anche l'analisi microscopica non è sufficiente a classificare correttamente la roccia (in particolare le vulcaniche che possono contenere vetro). Quindi diventa necessario **determinare la composizione chimica della roccia**.



Le strumentazioni usate per ottenere le analisi chimiche (es.: X-Ray Fluorence; Inductively Coupled Plasma –Mass Spectrometry) rilevano le abbondanze in peso % degli elementi.

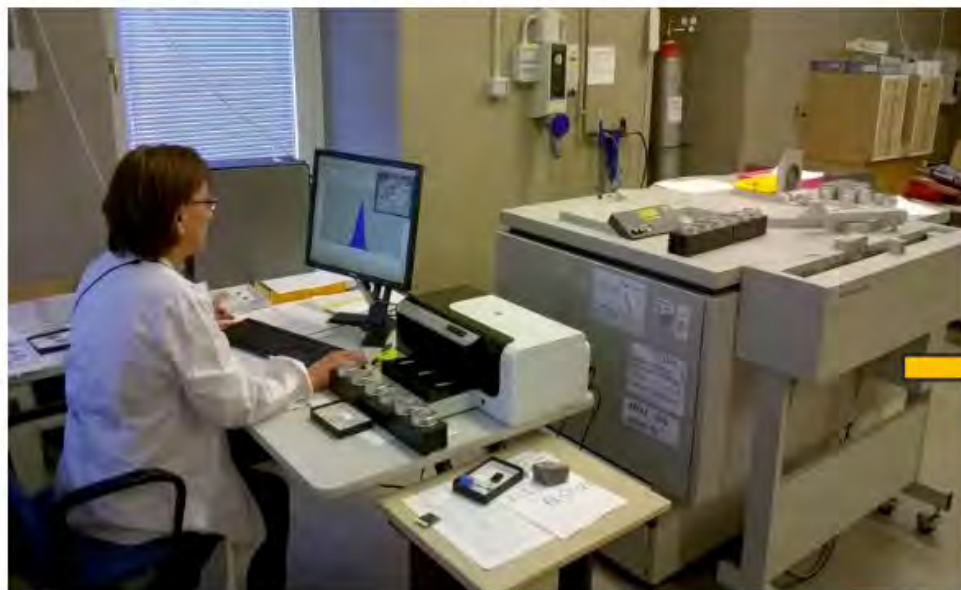
Tuttavia, è convenzione esprimere le abbondanze degli elementi maggiori (>1 wt%) e minori (0.1-1 wt%) in forma di ossidi, considerando che l'ossigeno è l'elemento più abbondante nella crosta.

Gli elementi in traccia (<0.1 wt%) vengono espressi in ppm [10000 ppm=1 wt%].

Gli elementi maggiori sono indispensabili per la classificazione delle rocce vulcaniche; gli elementi in traccia sono indispensabili (sia intrusive che vulcaniche) per studi petrologici.

# Studio delle rocce – composizione chimica

Spettrometro a Raggi X di Fuorescenza (XRF)



	1	2
	<b>Basalto</b>	<b>Riolite</b>
SiO <sub>2</sub>	49.08	73.95
TiO <sub>2</sub>	1.16	0.28
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.00	13.48
FeO	9.88	2.48
MnO	0.17	0.06
MgO	9.73	0.40
CaO	11.23	1.16
Na <sub>2</sub> O	2.45	3.61
K <sub>2</sub> O	0.08	4.37
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.09	0.07

